

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 1.1 Peramalan

Peramalan atau *forecasting* adalah proses untuk memperkirakan beberapa kemungkinan dimasa datang yang meliputi kebutuhan dalam ukuran kuantitas, kualitas, waktu, dan lokasi. Terdapat beberapa definisi terkait peramalan, diantaranya yaitu :

1. Peramalan merupakan perkiraan mengenai sesuatu yang belum terjadi. Peramalan diperlukan dalam proses pengambilan keputusan (Berutu, 2013 dalam Kartikasari M.D 2020)
2. Peramalan adalah proses perkiraan (pengukuran) besarnya jumlah sesuatu pada waktu yang akan datang berdasarkan data pada masa lampau yang dianalisis secara ilmiah khususnya menggunakan metode statistika (Sudjana ,1989 dalam Fauzan,M 2020)
3. Peramalan merupakan suatu dugaan terhadap permintaan yang akan datang berdasarkan data deret waktu historis (Febrina et al., 2013)

Menurut Gofur dan Widianti (2015) jenis-jenis peramalan berdasarkan sifatnya dibedakan dalam dua kategori yaitu :

1. Metode kualitatif

Metode kualitatif merupakan metode peramalan yang tidak menggunakan data historis masa lalu, lebih didasarkan pada intuisi.

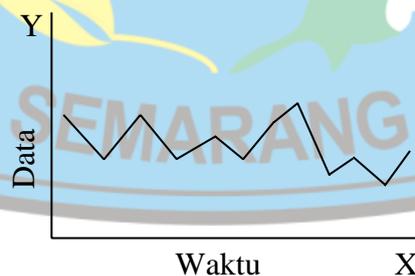
## 2. Metode kuantitatif

Metode kuantitatif merupakan metode peramalan yang menggunakan data historis masa lalu, menggunakan data historis yang tersedia secara memadai dan tanpa intuisi, metode ini umumnya didasarkan pada analisis statistik.

### 1.2 *Time Series*

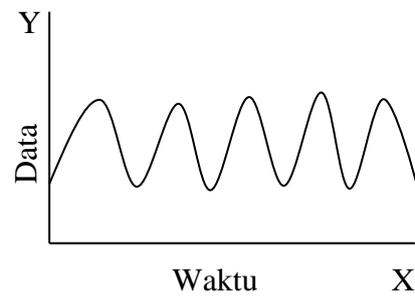
*Time Series* (deret berkala) adalah jenis data yang terdiri dari variabel-variabel yang dikumpulkan menurut urutan waktu dalam suatu rentang waktu untuk suatu individu atau kategori tertentu, misalnya : harian, mingguan, bulanan, dan tahunan (Artatia,2016 dalam fauzan,M 2020). Pada deret berkala perlu memperhatikan pola data yang merupakan salah satu dasar pemilihan metode peramalan. Terdapat 4 jenis pola data deret berkala yaitu (Makridakis et al.,1999 dalam Prahesti et al., 2016) :

1. Pola Horisontal, merupakan pola yang terjadi apabila nilai data berfluktuasi disekitar nilai rata-rata yang konstan. Ditunjukkan pada gambar 2.1.



**Gambar 2. 1 Pola Data Horisontal**

2. Pola Musiman, merupakan pola yang terjadi apabila suatu deret dipengaruhi oleh faktor Musiman. Ditunjukkan pada gambar 2.2 :



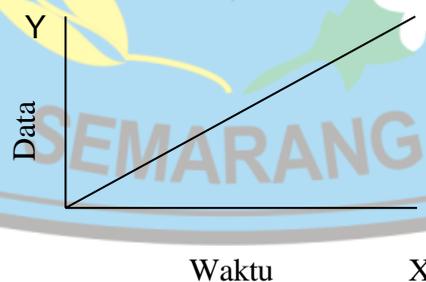
**Gambar 2. 2 Pola Data Musiman**

3. Pola Siklis, merupakan pola yang terjadi apabila datanya dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang. Ditunjukkan pada gambar 2.3.



**Gambar 2. 3 Pola Data Siklis**

4. Pola Trend, merupakan Pola yang terjadi apabila terdapat kenaikan atau penurunan dalam jangka panjang dalam data. Ditunjukkan pada gambar 2.4.



**Gambar 2. 4 Pola Data Trend**

### 1.3 Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A Zadeh dari Universitas California, Berkeley pada tahun 1965. *Fuzzy logic* diperkenalkan

sebagai metode perhitungan dengan menggunakan kata dalam rangka untuk menyelesaikan ketidakpastian (Chryshafiadi dan Virvou, 2012 dalam Azmiyati dan Tanjung, 2016). Menurut Rukhansah (2006) Logika *fuzzy* merupakan salah satu metodologi komputasi yang menggunakan fungsi keanggotaan parsial yang berbeda dengan keanggotaan biner fungsional yang digunakan dalam menetapkan teori klasik.

Terdapat beberapa alasan digunakannya logika *fuzzy* (Kusuma Dewi, 2003) adalah:

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Karena logika *fuzzy* menggunakan dasar teori himpunan, maka konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* tersebut cukup mudah untuk dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan, dan ketidakpastian yang menyertai permasalahan.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data yang cukup homogeny, dan kemudian ada beberapa data “eksklusif”, maka logika *fuzzy* memiliki kemampuan untuk menangani data eksklusif tersebut.
4. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan. Dalam hal ini, sering dikenal dengan istilah *fuzzy expert system* menjadi bagian terpenting.
5. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik kendali secara konvensional. Hal ini umumnya terjadi pada aplikasi di bidang teknik mesin maupun teknik elektro.
6. Logika *fuzzy* didasari pada bahasa alami. Logika *fuzzy* menggunakan bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

#### 1.4 Himpunan Fuzzy

Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy* (Azmiyati dan Tanjung, 2016) Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan. Himpunan *fuzzy* merupakan kelas dari objek-objek dengan rangkaian tingkatan keanggotaan. Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item  $x$  dalam suatu himpunan  $A$ , yang sering ditulis dengan  $\mu_A(x)$ , memiliki dua kemungkinan, yaitu:

1. Satu (1) yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan.
2. Nol (0) yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan penting.

Misalkan  $U$  adalah suatu himpunan semesta  $x \in U$ . Suatu himpunan kabur  $\tilde{A}$  dalam  $U$  adalah himpunan pasangan-pasangan terurut elemen  $x$  dengan derajat keanggotaanya (Abdy et al., 2019) seperti pada persamaan (2.1) .

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x) \mid x \in U)\} \quad (2.1)$$

$\mu_{\tilde{A}}$  merupakan fungsi keanggotaan yang memetakan setiap  $x \in U$  ke interval  $[0,1]$ . Nilai dari  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  dalam interval  $[0,1]$  disebut nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan dari elemen  $x$  dalam  $\tilde{A}$ , sedangkan interval  $[0,1]$  sendiri disebut ruang keanggotaan. Anggota dari ruang keanggotaan himpunan biasa hanyalah nol atau satu, sehingga himpunan kabur merupakan perluasan dari himpunan biasa. Derajat keanggotaan menunjukkan besarnya keterlibatan suatu anggota dalam suatu himpunan.

## 1.5 Fuzzyfikasi

Proses fuzzyfikasi dilakukan dengan cara mengubah data variabel non *fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Karena sistem inferensi *fuzzy* bekerja dengan aturan dan input *fuzzy*, maka langkah pertama adalah mengubah input tegas yang diterima, menjadi input *fuzzy*. Jika sebuah data *time series* masuk ke dalam interval  $u_i$ , maka data tersebut difuzzifikasi ke dalam  $A_i$ . Untuk masing-masing variabel input, ditentukan suatu fungsi fuzzifikasi yang akan mengubah variabel masukan yang tegas (bilangan *real*) menjadi nilai pendekatan *fuzzy* (Septiawan, 2009).

## 1.6 Defuzzyfikasi

Defuzzifikasi merupakan langkah terakhir dalam sistem logika *fuzzy*, dimana tujuan dari proses tersebut adalah untuk mengkonversikan setiap hasil dari *inference engine* yang di ekspresikan dalam bentuk *fuzzy* set ke dalam suatu bilangan *real* (Zamani, 2020). Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan tegas pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai output (Septiawan, 2009).

## 1.7 Fuzzy Time Series

*Fuzzy time series* (FTS) yang pertama kali dikembangkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993 adalah metode peramalan data yang menggunakan prinsip *fuzzy* sebagai dasarnya. Sistem peramalan dengan FTS menangkap pola data

yang telah lalu kemudian digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang (Kurniawan, 2014 dalam Abdy et al., 2019). Nilai-nilai yang digunakan dalam peramalan *Fuzzy time series* adalah himpunan *fuzzy* dari bilangan-bilangan *real* atas himpunan semesta yang sudah ditentukan. Himpunan *fuzzy* digunakan untuk menggantikan data historis yang akan diramalkan (Tauryawati dan Irawan, 2014). Secara kasar himpunan *fuzzy* dapat diartikan sebagai suatu kelas bilangan dengan batasan samar. Jika *universe of discourse* ( $U$ ) adalah himpunan semesta,  $U = [u_1, u_2, \dots, u_p]$ , maka suatu himpunan *fuzzy* dari  $U$  dengan derajat keanggotaan umumnya dinyatakan sebagai berikut (Sumartini et al., 2017) :

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(\mu_1)}{\mu_1} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(\mu_p)}{\mu_p} \quad (2.2)$$

Dimana  $\mu_{A_i}(\mu_i)$  adalah derajat keanggotaan dari  $\mu_i$  ke  $A_i$ , dimana  $\mu_{A_i}(\mu_i) \in [0,1]$  dan  $1 \leq i \leq p$ . Nilai derajat keanggotaan dari  $\mu_{A_i}(\mu_i)$  didefinisikan sebagai berikut :

$$\mu_{A_i}(\mu_i) = \begin{cases} 1 & i = j \\ 0,5 & \text{jika } i = j - 1 \text{ atau } j + 1 \\ 0 & \text{yang lainnya} \end{cases} \quad (2.3)$$

Hal ini dapat digambarkan sesuai aturan berikut :

Aturan 1 : Jika data aktual  $X_t$  termasuk dalam  $\mu_i$ , maka derajat keanggotaan untuk  $\mu_i$  adalah 1 dan  $\mu_{i+1}$  adalah 0,5 jika bukan  $\mu_i$  dan  $\mu_{i+1}$  berarti dinyatakan nol.

Aturan 2 : Jika data aktual  $X_t$  termasuk dalam  $\mu_i$ ,  $1 \leq i \leq p$  maka derajat keanggotaan untuk  $\mu_i$  adalah 1, untuk  $\mu_{i-1}$  dan  $\mu_{i+1}$  adalah 0,5 jika bukan  $\mu_i$ ,  $\mu_{i-1}$  dan  $\mu_{i+1}$  berarti dinyatakan nol.

Aturan 3 : Jika data aktual  $X_t$  termasuk dalam  $\mu_i$ , maka derajat keanggotaan untuk  $\mu_i$  adalah 1, dan untuk  $\mu_{i-1}$  adalah 0,5 jika bukan  $\mu_i$  dan  $\mu_{i-1}$  berarti dinyatakan nol. (Boaisha dan Amaitik,2010)

Konsep dasar *fuzzy time series* yang diperkenalkan oleh Song dan Chissom (1993) yang nilai *fuzzy time series* direpresentasikan dengan himpunan *fuzzy* sebagai berikut :

### Definisi 1

Didefinisikan  $U$  adalah semesta pembicaraan dengan  $U = \{U_1, U_2, U_3, \dots, U_n\}$ .

Sebuah himpunan *fuzzy*  $\tilde{A}$  dalam semesta pembicaraan  $U$  dapat direpresentasikan seperti pada persamaan (2.4).

$$\tilde{A} = \frac{f_A(u_1)}{u_1} + \frac{f_A(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_A(u_n)}{u_n} \quad (2.4)$$

Dengan  $f_A$  adalah fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy*  $A$ ,  $f_A : U \rightarrow [0,1]$ ,  $f_A(u_i)$  merupakan tingkat keanggotaan dari  $u_i$  dalam himpunan *fuzzy*  $A$ , dan  $1 \leq i \leq n$ .

### Definisi 2

Misalkan  $Y(t) (t = \dots, 0, 1, 2, \dots)$ , sebuah himpunan bagian dari  $R$ , yang menjadi himpunan semesta dengan himpunan *fuzzy*  $f_i(t) (t = 1, 2, \dots)$  telah didefinisikan sebelumnya dan dijadikan  $F(t)$  menjadi kumpulan dari  $f_i(t) (t = 0, 1, 2, \dots)$ , maka  $f_{(t)}$  dinyatakan sebagai *fuzzy time series* terhadap  $Y(t) (t = \dots, 0, 1, 2, \dots)$ .

### Definisi 3

Jika ada sebuah *fuzzy logical relationships*  $R(t, t - 1)$  sedemikian sehingga  $F(t) = F(t - 1) \circ R(t, t - 1)$ , dengan  $F(t)$  dan  $F(t - 1)$  merupakan himpunan *fuzzy* dan  $\circ$  merupakan operator komposisi maks-min, maka  $F(t)$  disebut diperoleh dari  $F(t - 1)$ , dilambangkan oleh *fuzzy logical relationships* sebagai  $F(t - 1) \rightarrow f(t)$ . Jika  $F(t - 1)$  dan  $F(t) = A_j$ , dengan  $A_i$  dan  $A_j$  adalah himpunan *fuzzy*, maka *fuzzy logical relationships* antara  $F(t - 1)$  dan  $F(t)$  didapat ditunjukkan oleh  $A_i \rightarrow A_j$ , dengan  $A_i$  disebut *current state* dan  $A_j$  disebut *next state*.

### 1.8 Automatic Clustering

Algoritma *automatic clustering* digunakan untuk melakukan klasifikasi data numerik berdasarkan interval (Wand dan Liu, 2015 dalam Anggodo & Mahmudy, 2017). Interval yang dimaksud adalah jarak untuk masing-masing *cluster*, sehingga data numerik diklasifikasikan berdasarkan jarak terdekat. Semakin kecil jarak antara dua elemen data numerik maka semakin tinggi kesamaannya (Qiu *et al*, 2015 dalam Anggodo dan Mahmudy, 2017). Untuk menghitungnya digunakan hasil modifikasi algoritma *automatic clustering* yang dilakukan oleh chen *et al* (2009) dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Urutkan data numerik menaik yaitu dari yang terkecil sampai yang terbesar, asumsikan tidak ada data yang nilainya sama.

$$d_1, d_2, d_3, \dots, d_i, \dots, d_n$$

Berdasarkan barisan diatas dihitung nilai dari "*average\_diff*" sebagaimana persamaan (2.5)

$$average\_diff = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} (d_{i+1} - d_i)}{n-1} \quad (2.5)$$

Keterangan : Dimana *avarage\_diff* adalah rata-rata dari data numerik dan  $d_1, d_2, d_3, \dots, d_i, \dots, d_n$  adalah data numerik yang telah diurutkan.

2. Data numerik pertama dalam urutan data numerik ditetapkan sebagai *cluster* saat ini. Berdasarkan nilai *average\_diff* ditentukan apakah data numerik, berikutnya dalam urutan data menaik dapat dimasukkan *cluster* saat ini atau perlu dimasukkan ke dalam cluster baru didasarkan pada prinsip berikut :

**Prinsip 1** : Diasumsikan bahwa *cluster* saat ini adalah *cluster* pertama dan didalamnya hanya ada satu data numerik  $d_1$  dan diasumsikan bahwa  $d_2$  adalah data numerik terdekat dari  $d_1$ , ditampilkan sebagaimana berikut :

$$\{d_1\}, d_2, d_3, \dots, d_n.$$

Jika  $d_2 - d_1 \leq avarage\_diff$ , maka  $d_2$  diletakkan ke dalam *cluster* saat ini yang memuat  $d_1$ . Jika tidak, dibentuk *cluster* baru untuk  $d_2$  dan ditetapkan *cluster* baru yang memuat  $d_2$  menjadi *cluster* saat ini.

**Prinsip 2** : Diasumsikan *cluster* saat ini bukan *cluster* pertama dan ada lebih dari satu data numerik pada cluster saat ini. Diasumsikan bahwa  $d_1$  adalah data numerik terbesar pada *cluster* dan diasumsikan bahwa  $d_j$  adalah data numerik terdekat dari yang ditampilkan sebagaimana berikut :

$$\{d_1, \dots\}, \dots, \{\dots\}, \{d_i\}, d_j, \dots, d_n.$$

Jika  $d_j - d_i \leq avarage\_diff$  dan  $d_j - d_i \leq cluster\_diff$ , maka  $d_j$  diletakkan ke dalam *cluster* saat ini yang memuat  $d_i$ . Jika tidak, dibentuk *cluster* baru untuk  $d_j$  dan ditetapkan *cluster* baru yang memuat  $d_j$  menjadi *cluster* saat ini, dengan

"*cluster\_diff*" menunjukkan perbedaan dalam *cluster* yang dihitung sebagaimana persamaan (2.6).

$$cluster\_diff = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} (C_{i+1} - C_i)}{n-1} \quad (2.6)$$

Keterangan : Dengan  $C_1, C_2, \dots, C_n$  merupakan data dalam *cluster* saat ini.

**Prinsip 3** : Diasumsikan *cluster* saat ini bukan *cluster* pertama dan hanya ada satu data numerik  $d_j$  pada *cluster* saat ini. Diasumsikan  $d_k$  adalah data numerik terdekat dari  $d_j$  dan diasumsikan  $d_i$  adalah data numerik terbesar dalam *cluster* yang merupakan *cluster* terdahulu dari *cluster* saat ini.

3. Berdasarkan clustering yang diperoleh pada langkah 2, sesuaikan isi dari *cluster* tersebut berdasarkan prinsip berikut :

**Prinsip 1** : Jika sebuah *cluster* memiliki lebih dari dua data, maka dua numerik terkecil dan data numerik terbesar dipertahankan lalu data yang lain dihapus.

**Prinsip 2** : Jika sebuah *cluster* hanya memiliki dua data, maka dua data tersebut dipertahankan.

**Prinsip 3** : Jika sebuah *cluster* hanya memiliki satu data numerik  $d_q$ , maka nilai dari " $d_q - avarage\_diff$ " dan " $d_q + avarage\_diff$ " diletakkan ke dalam *cluster* dan  $d_q$  dihapus dari *cluster*. Jika situasi berikut terjadi, *cluster* perlu di sesuaikan lagi.

**Situasi 1** : Jika situasi terjadi di *cluster* pertama, maka hapus nilai dari " $d_q - avarage\_diff$ " dan ditetapkan  $d_q$  sebagai penggantinya.

**Situasi 2** : Jika situasi terjadi di *cluster* terakhir, maka hapus nilai dari " $d_q + avarage\_diff$ " dan ditetapkan  $d_q$  sebagai penggantinya.

**Situasi 3** : Jika nilai dari " $d_q - avarage\_diff$ " lebih kecil pada nilai terkecil dalam *cluster* yang terdahulu, maka semua tindakan dalam **prinsip 3** dibatalkan.

4. Diasumsikan bahwa hasil *clustering* yang diperoleh dari **langkah 3** ditampilkan sebagai berikut :

$$\{d_1, d_2\}, \{d_3, d_4\}, \{d_5, d_6\}, \dots, \{d_r\}, \{d_s, d_t\}, \dots, \{d_{n-1}, d_n\}$$

*Cluster-cluster* diubah kedalam interval dengan sub-langkah berikut :

- 4.1 *cluster* pertama  $\{d_1, d_2\}$  diubah ke dalam interval  $[d_1, d_2]$

1. Jika interval saat ini  $[d_1, d_2]$  dan *cluster* saat ini  $\{d_k, d_i\}$ , maka
2. Jika  $d_j \geq d_k$ , maka dibentuk sebuah interval  $[d_j, d_1]$  yang ditetapkan menjadi interval saat ini dan *cluster* selanjutnya  $\{d_m, d_n\}$ , ditetapkan menjadi *cluster* saat ini.
3. Jika  $d_j < d_k$ , maka  $\{d_k, d_i\}$  diubah ke dalam interval  $\{d_k, d_i\}$  dan dibentuk sebuah interval baru  $[d_j, d_k]$  diantara  $[d_i, d_j]$  dan  $[d_k, d_i]$ .  $[d_k, d_i]$  ditetapkan menjadi interval saat ini dan *cluster* selanjutnya  $\{d_m, d_n\}$  ditetapkan menjadi *cluster* saat ini. Jika interval saat ini  $[d_i, d_j]$  dan *cluster* saat ini adalah  $\{d_k\}$  maka interval saat ini  $[d_i, d_j]$  diubah kedalam  $[d_i, d_k]$  yang ditetapkan menjadi interval saat ini dan *cluster* selanjutnya ditetapkan menjadi *cluster* saat ini.

- 4.2 Interval terakhir merupakan interval selang tutup  $\{d_m, d_n\}$ .

- 4.3 Interval saat ini dan *cluster* saat ini diperiksa berulang kali sampai semua *cluster* telah berubah menjadi interval-interval.

5. Untuk setiap interval yang diperoleh pada langkah 4, bagi masing-masing interval ke dalam  $p$  sub-interval, dengan  $p \geq 1$ .

## 1.9 Automatic Clustering Fuzzy Logic Relationship

Algoritma *Automatic Clustering Fuzzy Logic Relationship* disajikan oleh Chen *et al* (2009) yaitu sebagai berikut :

### 1. Himpunan semesta

Himpunan semesta  $U = [D_{min}, D_{max}]$  ditentukan sesuai data historis yang ada.

Algoritma *automatic clustering* diterapkan untuk membuat interval-interval dari data historis. Kemudian setiap interval yang terbentuk dihitung titik tengahnya.

### 2. Proses Fuzzyfikasi

Tahap ini menentukan nilai keanggotaan pada masing-masing himpunan *fuzzy* dari data historis, dengan nilai keanggotaan adalah 0 sampai 1. Diasumsikan ada  $n$  interval yang didapatkan dari langkah pertama yaitu  $u_1, u_2$ , hingga  $u_n$ , kemudian mendefinisikan setiap himpunan *fuzzy* ( $A_i$ ), dimana  $1 \leq i \leq n$ , sebagai berikut :

$$A_1 = \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} \dots + \frac{0}{u_{n-1}} + \frac{0}{u_n}$$

$$A_2 = \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{0}{u_4} \dots + \frac{0}{u_{n-1}} + \frac{0}{u_n}$$

$$A_3 = \frac{0}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0,5}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_{n-1}} + \frac{0}{u_n}$$

$$A_4 = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{1}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_{n-1}} + \frac{0}{u_n}$$

⋮

$$A_n = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0,5}{u_{n-1}} + \frac{1}{u_n}$$

Fuzzifikasi setiap data numerik kedalam himpunan *fuzzy*. Jika data numerik masuk dalam interval  $u_1$  dengan  $1 \leq i \leq n$ , maka data numerik di fuzzifikasi kedalam himpunan *fuzzy*  $A_i$ . Himpunan *fuzzy*  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  merupakan suatu himpunan-himpunan *fuzzy* yang variabel himpunan *fuzzy* yang variabel linguistiknya ditentukan sesuai dengan keadaan semesta. Himpunan *fuzzy*  $A_1$  merupakan himpunan *fuzzy* harga emas paling rendah sedangkan himpunan *fuzzy*  $A_n$  merupakan himpunan *fuzzy* harga emas paling tinggi.

### 3. *Fuzzy logical relationship*

Membuat *Fuzzy logical relationship* berdasarkan pada fuzzifikasi yang diperoleh pada langkah 2. Jika hasil fuzzifikasi tahun  $t$  dan  $t+1$  adalah  $A_i$  dan  $A_k$  maka terbentuk *Fuzzy logical relationship* " $A_i \rightarrow A_k$ ", dengan  $A_i$  dan  $A_k$  berturut-turut disebut data historis sekarang (*current state*) dan data historis selanjutnya dari waktu sekarang (*next state*) dari *Fuzzy logical relationship*. Berdasarkan *current state* dari *Fuzzy logical relationship*, dibuat *Fuzzy logical relationship groups*, yaitu *Fuzzy logical relationship* yang dimiliki *current state* sama dimasukkan ke dalam *Fuzzy logical relationship* yang sama.

### 4. Proses Defuzzifikasi

Proses Defuzzifikasi mengubah suatu besaran *fuzzy* menjadi besaran tegas. Keluaran dalam proses ini yaitu suatu nilai peramalan yang ditentukan dengan menggunakan prinsip-prinsip berikut :

1. Jika hasil *fuzzifikasi* pada tahun  $t$  adalah  $A_j$  dan hanya ada satu *Fuzzy Logical Relationship* di dalam *fuzzy logical relationship group* yang memiliki *current state*  $A_j$  ditunjukkan sebagai berikut :  $A_j \rightarrow A_k$ , maka peramalan pada tahun  $t+1$  adalah  $m_k$ , dengan  $m_k$  adalah titik tengah dari interval  $u_k$  dan nilai keanggotaan maksimum dari himpunan *fuzzy*  $A_k$  terjadi pada interval  $u_k$ .
2. Jika hasil *fuzzifikasi* pada tahun  $t$  adalah  $A_j$  dan ada *Fuzzy logical relationship* berikut di dalam grup *Fuzzy logical relationship* yang memiliki *current state*  $A_j$  ditunjukkan sebagaimana persamaan (2.7).

$$A_j \rightarrow A_{k1}(x_1), A_{k2}(x_2), \dots, A_{kp}(x_p) \quad (2.7)$$

maka data yang diramalkan dari periode  $t+1$  dapat dihitung sebagaimana persamaan (2.8) :

$$\frac{(x_1 \times m_{k1}) + (x_2 \times m_{k2}) + \dots + (x_p \times m_{kp})}{x_1 + x_2 + \dots + x_p} \quad (2.8)$$

Dengan  $x_i$  menunjukkan jumlah dari *Fuzzy logical relationship* " $A_j \rightarrow A_{ki}$ " di dalam *Fuzzy logical relationship group*,  $1 \leq i \leq p$ ,  $m_{k1}$ ,  $m_{k2}$  ... dan  $m_{kp}$  berturut-turut merupakan titik tengah dari interval  $u_{k1}$ ,  $u_{k2}$  ... dan  $u_{kp}$  dan nilai keanggotaan maksimum dari himpunan *fuzzy*  $A_{k1}$ ,  $A_{k2}$ , ... dan  $A_{kp}$  berturut-turut terjadi pada interval  $u_{k1}$ ,  $u_{k2}$  ... dan  $u_{kp}$ .

3. Jika hasil *fuzzifikasi* pada tahun  $t$  adalah  $A_j$  dan ada *Fuzzy logical relationship* dalam *Fuzzy logical relationship group* yang memiliki *current state*  $A_j$  ditunjukkan sebagaimana persamaan (2.9).

$$A_j \rightarrow \# \quad (2.9)$$

Dengan simbol “#” menunjukkan sebuah nilai yang tidak diketahui, maka peramalan pada tahun  $t+1$  adalah  $m_n$ , dengan  $m_n$  adalah titik tengah dari interval  $u_n$  (interval terakhir).

### 1.10 Pengukuran Ketepatan Peramalan

Metode peramalan bertujuan untuk menghasilkan ramalan optimum yang tidak memiliki tingkat kesalahan besar. Jika tingkat kesalahan yang dihasilkan semakin kecil, maka hasil peramalan akan semakin mendekati nilai aktual. Pengukuran ketepatan terhadap hasil peramalan dilakukan dengan cara membandingkan nilai hasil peramalan terhadap nilai data data asli. (Sungkawa dan Megasari, 2011) Salah satu pengukuran untuk akurasi peramalan adalah MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). MAPE merupakan ukuran ketepatan relative yang digunakan untuk mengetahui persentase penyimpangan hasil peramalan, dengan persamaan (2.10) sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |PE_t| \quad (2.10)$$

Dengan Galat persentase (percentage Error) sebagai berikut :

$$PE_t = \left( \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right) \times 100 \%$$

Penggunaan MAPE pada evaluasi hasil prediksi dapat menghindari pengukuran akurasi terhadap beratnya nilai aktual dan nilai prediksi. Kriteria nilai MAPE ditunjukkan pada tabel 2.1 (Chang et al., 2007).

**Tabel 2. 1 Kriteria Nilai MAPE**

Nilai MAPE	Kriteria
< 10 %	Sangat Baik
10 % - 20 %	Baik
20 % - 50 %	Cukup
> 50 %	Buruk

Ketepatan hasil peramalan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Zamani, 2020):

$$\text{Ketepatan Peramalan} = 100\% - \text{MAPE} \quad (2.11)$$

### 1.11 Harga Emas

Emas merupakan salah satu jenis investasi yang diminati investor karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan aset yang lain (Aditya et al., 2019). Emas dapat digunakan untuk menangkal inflasi yang kerap terjadi setiap tahunnya di suatu negara (Sianturi, 2021). Penentuan harga emas seluruh dunia ditentukan oleh *London Billion Market Association* (LBMA). LBMA menentukan harga emas setiap dua kali sehari yaitu pukul 10.30 (*Gold A.M*) dan pukul 15.00 (*Gold P.M*) dengan mata uang yang berupa *dollar* Amerika Serikat per *troy ounce*. Harga yang digunakan sebagai patokan harga emas seluruh negara di dunia yaitu harga *Gold P.M* (LBMA,2015). Instrumen investasi emas yang dapat diperdagangkan terbagi atas beberapa jenis, berikut merupakan jenis-jenis emas yaitu (Sianturi, 2021) :

#### 1. Emas Perhiasan

Emas perhiasan merupakan jenis emas yang paling sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Bila ingin berinvestasi untuk jangka pendek, sebaiknya jangan memilih emas perhiasan. Sebab, biasanya akan sulit untuk mendapatkan keuntungan.

#### 2. Emas Batangan

Investasi emas yang cukup baik adalah dalam bentuk batangan. Di Indonesia, emas batangan yang cukup terkenal adalah emas bermerk logam mulia yang diproduksi oleh PT Aneka Tambang (Antam) dengan kadar emas 99,99 persen. Sebagai tanda keaslian, investor akan mendapatkan sertifikat emas yang dibubuhi nomor seri, sesuai dengan nomor seri yang terukir pada emas batangan. Berbeda dengan emas perhiasan, emas batangan lebih mudah dijual kembali.

#### 3. Koin Emas

Koin emas adalah jenis emas yang berbentuk koin. Ada dua jenis koin emas yang paling dikenal masyarakat, yaitu koin emas ONH (Ongkos Naik Haji) dan koin dinar emas. Koin emas ONH dimaksudkan sebagai alternatif bagi mereka yang ingin menabung sebagai persiapan untuk naik haji. Koin emas ONH bisa menjadi semacam garansi bagi orang-orang agar selamat dari inflasi, karena harga emas dipastikan ikut naik.

#### 4. *Gold Trading*

*Gold Trading* merupakan pembelian emas melalui media online atau biasa disebut *trading online*. Biasanya emas seperti ini memanfaatkan margin,

*options* ataupun metode lainnya. Mills 2010 dalam Lastri (2021) menganalisa mengenai hubungan antara harga emas dan dolar, bahwa emas dapat menjadi investasi yang baik, jika harga dollar menurun, lebih baik kita menjual dolar yang kita miliki untuk membeli emas. Karena keduanya memiliki hubungan yang negatif dimana jika nilai tukar dolar jatuh, maka dibutuhkan lebih banyak dolar untuk membeli emas sehingga harga emas naik, sebaliknya jika harga dolar naik maka dibutuhkan dolar lebih sedikit untuk membeli emas sehingga harga emas turun.

